



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 49 239 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:  
**H 02 P 9/48**

②1 Aktenzeichen: 198 49 239.1  
②2 Anmeldetag: 26. 10. 1998  
④3 Offenlegungstag: 27. 4. 2000

DE 198 49 239 A 1

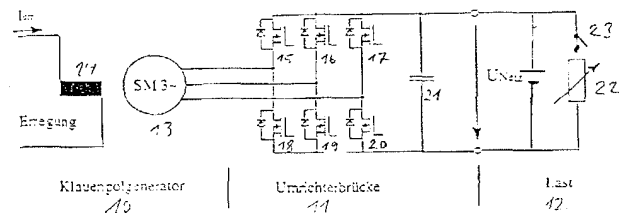
⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Henneberger, Gerhard, Prof. Dr., 52062 Aachen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤4 Verfahren zur Regelung eines Generators

⑤7 Es wird ein Verfahren zur Regelung eines Generators, insbesondere eines von einer Brennkraftmaschine angetriebenen Klauenpolgenerators, beschrieben, dem eine Umrichterbrücke zugeordnet ist. Diese Umrichterbrücke umfaßt steuerbare Schaltelemente, die von einer Ansteuerlogik angesteuert werden und den Generatorwicklungen zu vorgebbaren Zeiten Ströme einprägen, und dadurch die magnetische Induktion des Generators erhöhen. Die Ströme werden dabei von einem Ladungsspeicher geliefert, der dazu zu vorgebbaren Zeiten über die Schaltelemente mit den Generatorwicklungen verbunden wird.



DE 198 49 239 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Regelung eines Generators, insbesondere eines von einer Brennkraftmaschine antreibbaren Klauenpolgenerators, nach der Gattung des Hauptanspruchs.

## Stand der Technik

In Kraftfahrzeugen werden zur Bereitstellung der elektrischen Energie für das Fahrzeugbordnetz Klauenpolgeneratoren eingesetzt. Solche Drehstromgeneratoren sind über eine Diodengleichrichterbrücke mit dem Gleichspannungsnetz des Fahrzeugs verbunden. Die Leistungsabgabe eines Generators beginnt, sobald seine induzierte Spannung die Netzspannung überschreitet. Die Leistungsabgabe des Generators wird über die Stärke des Erregerstromes geregelt. Als Regelgröße wird hierzu üblicherweise die Netzspannung bzw. die Ausgangsspannung des Generators herangezogen.

Um den Kraftstoffverbrauch zu senken wird bei neueren Kraftfahrzeugen die Leerlaufdrehzahl des Motors möglichst gering gehalten. Eine geringe Motordrehzahl wirkt sich auch auf die Generatorleistung aus, da der Generator vom Motor angetrieben wird. Damit der Generator auch bei Leerlauf des Motors an das Bordnetz noch genügend elektrische Energie abgeben kann und ein Nachladen der Batterie möglich ist, ist an den Generator die Forderung zu stellen, auch bei kleinen Generatorleistungsdrehzahlen Energie zu liefern. Weiterhin soll der Generator bei üblichen Drehzahlen möglichst viel Energie abgeben. Eine optimale Generatorregelung soll daher zum einen eine generelle Leistungssteigerung und zum anderen eine Senkung der Angedrehzahl, also eine Senkung der Drehzahl, ab der der Generator Leistung abgeben kann, ermöglichen.

Ein Drehstromgenerator für ein Kraftfahrzeug, der gegenüber herkömmlichen Generatoren eine verbesserte Ausgangsleistung abgibt, ist aus der EP 0 762 596 A1 bekannt. Dieser Drehstromgenerator weist anstelle einer üblichen Gleichrichterbrücke eine vollwellengesteuerte Gleichrichterbrücke auf, die sechs gesteuerte Schalter umfaßt. Durch geeignete Ansteuerung der Schalter der Brücke, die z. B. schaltbare Halbleiterelemente umfassen, kann eine Phasenregelung durchgeführt werden, bei der die Phasenspannungen des Generators relativ zu den Phasenströmen verschoben werden. Dies hat zur Folge, daß zusätzliche Ströme in den Statorwicklungen fließen, die zu einer Erhöhung der Ausgangsleistung des Drehstromgenerators gegenüber einem Drehstromgenerator mit einer einfachen Diodenbrücke führen.

## Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Regelung eines Generators mit den Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, daß der Generator eine höhere Ausgangsleistung liefert und daß er insbesondere bei kleinen Drehzahlen eine höhere Ausgangsleistung liefert. Besonders vorteilhaft ist, daß die sogenannte Angedrehzahl des Generators, also die Drehzahl, ab der eine Leistungsabgabe überhaupt möglich ist, gegenüber herkömmlichen Generatoren abgesenkt wird.

Erzielt werden diese Vorteile mit Hilfe des in Anspruch 1 angegebenen Verfahrens. Dieses Verfahren ist einsetzbar, da dem Generator eine Umrichterbrücke mit Schaltelementen anstelle von herkömmlichen Dioden zugeordnet wird. Durch die richtige Ansteuerung dieser Schaltelemente ist es möglich, die Generatorklemmen unabhängig von den natürlichen Zündzeitpunkten einer Diodenbrücke mit dem Plus-

pol oder dem Minuspol der Batterie zu verbinden. Durch geeignete Ansteuerung der Schaltelemente lassen sich Zusatzströme in die Generatorklemmen einprägen und die abgegebene Leistung des Generators kann gesteigert werden. Diese Zusatzströme werden zunächst aus der Batterie oder gegebenenfalls einem Zwischenkreiskondensator bezogen und über die Schaltelemente dem Generator zugeführt. Die Zeitpunkte der Einspeisung in die Generatorstränge werden in vorteilhafter Weise so gewählt, daß sie in Abschnitten liegen, in denen der Strangstrom bei Diodenbetrieb gering ist bzw. verschwindet (lückt). Die Leistungssteigerung des Generators durch die Gleichstrompulsung ist mit einer erhöhten Welligkeit des Abgabestromes verbunden. Diese Welligkeit setzt sich aus dem Generatorabgabestrom und der Entnahme der Strompulse zusammen. Mit Hilfe eines zusätzlichen Kondensators läßt sich jedoch in vorteilhafter Weise wiederum eine Glättung erzielen.

## Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Fig. 1 bis 4 dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

## Beschreibung

In Fig. 1 sind die erfindungswesentlichen Bestandteile eines Generators, beispielsweise eines Klauenpolgenerators 10 mit einer Umrichterbrücke 11 sowie der Last 12 dargestellt. Vom Klauenpolgenerator 10 sind symbolisch die drei Statorwicklungen 13, die Erregerwicklung 14 sowie der Erregerstrom I<sub>err</sub> angegeben. Die Umrichterbrücke 11 umfaßt die Schaltelemente 15 bis 20, die mit den Statorwicklungen 13 des Klauenpolgenerators 10 in üblicher Weise wie bei einer Diodenbrücke in Verbindung stehen. Die Schaltelemente 15 bis 20 stehen mit einem Kondensator 21 in Verbindung, an dem die Netzspannung U<sub>Netz</sub> abgreifbar ist, die der Last 12 zuführbar ist. Eine Batterie 21a, z. B. die Bordnetzbatterie kann den Kondensator ersetzen. Von der Last 12 ist lediglich ein variabler Widerstand 22 sowie ein Schalter 23 symbolisch dargestellt.

Mit der in Fig. 1 dargestellten Schaltungsanordnung läßt sich das erfindungsgemäße Verfahren zur Regelung des Generators durchführen. Durch geeignete Ansteuerung der Schaltelemente 15 bis 20 lassen sich Zusatzströme in die Generatorklemmen einprägen. Die Schaltelemente 15 bis 20 wirken als Stromventile und werden nachfolgend auch als Ventile bezeichnet. Im Einzelnen wird während eines sonst stromlosen Zeitabschnittes ein zusätzlicher Stromimpuls eingepreßt. Diese Stromimpulse führen zu einer Aufladung der Generatorinduktivität mit magnetischer Energie. Durch die Einspeisung von Gleichstrompulsen wird dem Generator zusätzlich induktive Blindleistung zugeführt, dies entspricht einem zusätzlichen Magnetisierungsstrom.

Die Leistungsabgabe des Generators kann gegenüber dem reinen Diodenbetrieb gesteigert werden, indem den Statorwicklungen ein zusätzlicher Magnetisierungsstrom angeboten wird. Die Phase, während der die Schaltelemente 15 bis 20 der Umrichterbrücke 11 leitend sind, ist dann insgesamt verschoben. Es kommt dabei zu einer Phasenverschiebung zwischen der Generatorspannung und dem Generatorstrom. Die Maschine nimmt dabei Blindleistung auf. Das bedeutet, sobald der Phasenstrom in einer der Ständerwicklungen einen Nulldurchgang besitzt und bei Diodenbetrieb eine Kommutierung erfolgen würde, wird die Kommutierung durch entsprechende Ansteuerung des oder der Schaltelemente verzögert. Das dabei geschlossene Schaltelement sorgt für eine weitere Verbindung mit der Batterie. Der Einschaltzeit-

punkt und die längste Einschaltdauer eines Schaltelementes bzw. eines Schalters wird durch eine Logistik für die Ventiltfreigabe festgelegt. Diese Zeit entspricht dem sonst stromlosen Zeithereich eines Stranges.

Für die Leistungsabgabe des Generators ist die Regelung des Ausschaltzeitpunktes, also des Kommutierungspunktes von Bedeutung. Diese Verschiebung zwischen Strom und Spannung kann nach verschiedenen Verfahren geregelt werden. Einige dieser Verfahren, die besonders einfache Möglichkeiten für eine Regelung bieten, werden in den in den Fig. 2 bis 4 angegebenen Ausführungsbeispielen dargestellt. Die im folgenden beschriebenen Regelung sind so ausgeführt, daß die Schaltelemente nur in den sogenannten Lückphasen des Stromes angesteuert werden und abschalten sobald der gemessene Strom einen zulässigen Wert übersteigt.

Die Regelung der Höhe der Ausgangsspannung des Generators erfolgt in üblicher Weise mittels eines Spannungsreglers, der z. B. Bestandteil des in Fig. 1 mit 10 bezeichneten Klauenpolgenerators ist und den Erregerstrom so regelt, daß sich eine vorgebbare Spannungshöhe ergibt.

### 1. Regelung der Schalterströme

In Fig. 2 ist eine Regelungsschaltung für einen Schalter bzw. ein Schaltelement (Ventil) dargestellt, mit der die Regelung der Schalterströme erläutert werden kann. Zu dieser Regelung werden die Ströme durch die Schaltelemente erfaßt und für die Regelung verwendet. Beispielsweise wird der Strom I durch das Schaltelement 15 mit Hilfe einer geeigneten Stromerfassung 24 erfaßt und als Stromistwert list einem Vergleichler 25 zugeführt. Diesem Vergleichler 25 wird zusätzlich ein Maximalwert für den Strom  $I_{\max}$  zugeführt. Die Regelungsschaltung nach Fig. 2 umfaßt weiter ein UND-Gatter 26 sowie eine Logistik für die Ventiltfreigabe 27, wobei das UND-Gatter 26 die Ausgänge des Vergleichlers 25 und der Logistik für die Ventiltfreigabe 27 miteinander verknüpft. Eine Ansteuerung für die Ventile mit Verriegelung gegen Wiedereinschalten 28 steuert beispielsweise das Ventil 15 in Abhängigkeit vom Ausgang des UND-Gatters 26 an.

Mit der in Fig. 2 dargestellten Regelungsschaltung wird die übergeordnete Spannungsregelung bzw. Leistungsregelung des Generators durchgeführt, wobei ein Maximalwert für die Schalterströme freigegeben wird. Überschreitet der Iststrom des betreffenden Schalters diesen Vorgabewert, wird das Ventil abgeschaltet. Der Strom kommutiert dabei in die komplementäre Diode des Brückenzeiges.

Für die einwandfreie Funktion ist eine Verriegelung des abgeschalteten Ventils erforderlich, da unmittelbar nach dem Abschalten des Ventils der Ventilstrom zu Null wird, wird der reine Stromvergleich zu einem erneuten Durchschalten des Ventils führen. Diese Funktion wird durch die in Fig. 2 dargestellte Logikschaltung realisiert.

### 2. Regelung der Phasenströme

Da der Maximalwert des Gleichstromes identisch mit dem Maximalwert der Phasenströme ist, besteht eine weitere Möglichkeit zur Regelung der Generatorleistung darin, die Schalter in Abhängigkeit der Phasenströme zu schalten. Hierzu werden statt der Schalterströme die Ströme durch die Phasenwicklungen U, V und W des Generators gemessen und der Regelung zugeführt. Ein Beispiel für eine solche Regelungsschaltung ist in Fig. 3 dargestellt.

Da bei dieser Regelung immer die beiden Schalter, z. B. 15 und 18 eines Umrichterzweiges eine Phase regeln, ist auch deren Ansteuerung zweckmäßigerweise in einer Regelung zusammengefaßt. Die Ansteuerung der Ventile ist in

Fig. 3 mit 28a und 28b bezeichnet. Der Abschaltzeitpunkt des durchgeschalteten Ventils ist erreicht, sobald der zugehörige Phasenstrom den vorgebbaren Maximalwert überschritten hat.

### 3. Regelung des Gleichstroms

In Fig. 4 ist eine weitere Regelungsschaltung für ein Schaltelement bzw. Ventil dargestellt, mit der eine Regelung des Gleichstromes IG durchgeführt werden kann. Wird der Gleichstrom, d. h. der Abgabestrom des Generators zur Regelung herangezogen, ist lediglich die Messung eines Wertes notwendig, der dem Vergleichler zugeführt wird und mit einem Sollwert verglichen wird. Die in Fig. 4 dargestellte Regelschaltung entspricht der Schaltung nach Fig. 2, es wird jedoch nicht der Ventilstrom I, sondern der Gleichstrom IG des Generators für die Regelung zugrunde gelegt.

Auch eine kombinierte Regelung über den Gleichstrom und die Schalterströme läßt sich realisieren. Zur Reduzierung der Anzahl der Strommessungen können die Ventilströme auch aus dem gemessenen Gleichstrom abgeleitet werden.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung eines Generators, insbesondere eines von einer Brennkraftmaschine angetriebenen Klauenpolgenerators, dem eine Umrichterbrücke mit ansteuerbaren Schaltelementen zugeordnet ist, die von einer Regelungseinrichtung angesteuert werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ansteuerung der Schaltelemente so erfolgt, daß Zusatzströme in die Generatorklemmen eingepreßt werden und zu einer Aufladung der Generatorinduktivität mit magnetischer Energie führen, wobei die Energie einem Kondensator oder einer Batterie entnommen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich der eingepreßte Strom aus einer Anzahl von Stromimpulsen zusammensetzt, wobei die Zeitpunkte der Stromeinspeisung in die Generatorwicklungen so gewählt werden, daß der betreffende Strangstrom eine vorgebbare minimale Größe aufweist.
3. Verfahren zur Regelung eines Generators nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Einschaltzeitpunkt und die längste Einschaltdauer wenigstens eines Schaltelementes der Umrichterbrücke mittels einer Logistik für die Ventiltfreigabe festgelegt wird.
4. Verfahren zur Regelung eines Generators nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerung der Schaltelemente in Abhängigkeit von einem in einem Vergleichler ermittelten Vergleichsergebnis erfolgt, wobei der Vergleichler einen Istwert eines Stromes mit einem vorgebbaren Maximalwert vergleicht.
5. Verfahren zur Regelung eines Generators nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Istwert der mit Hilfe einer Meßeinrichtung 24 gemessene Strom durch ein Schaltelement ist.
6. Verfahren zur Regelung eines Generators nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Istwert der mit Hilfe einer Meßeinrichtung durch wenigstens eine Phasenwicklung U, V, W des Generators fließende Strom ist.
7. Verfahren zur Regelung eines Generators nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Istwert der mit Hilfe einer Meßeinrichtung gemessene Abgabestrom des Generators ist.

8. Verfahren zur Regelung eines Generators, dadurch gekennzeichnet, daß als Istwert eine Kombination aus vom Generator abgegebenem Strom und Strom durch wenigstens einen Schalter verwendet ist.

9. Verfahren zur Regelung eines Generators, dadurch gekennzeichnet, daß der Erregerstrom mittels eines Spannungsreglers zusätzlich so geregelt wird, daß sich die Ausgangsspannung des Generators auf vorgebbare Werte einstellt.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

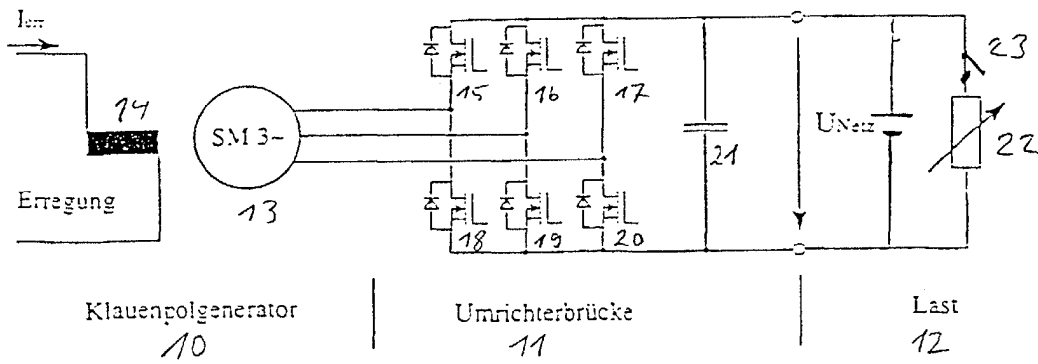


Fig 1

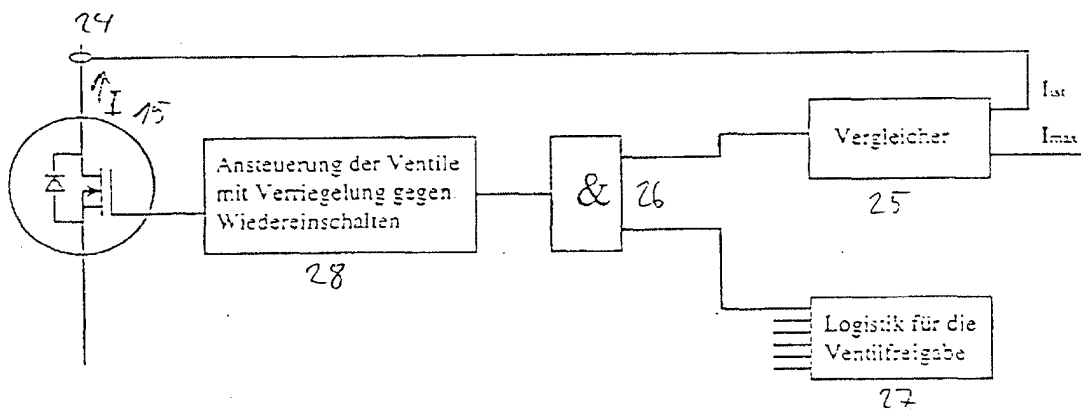


Fig 2

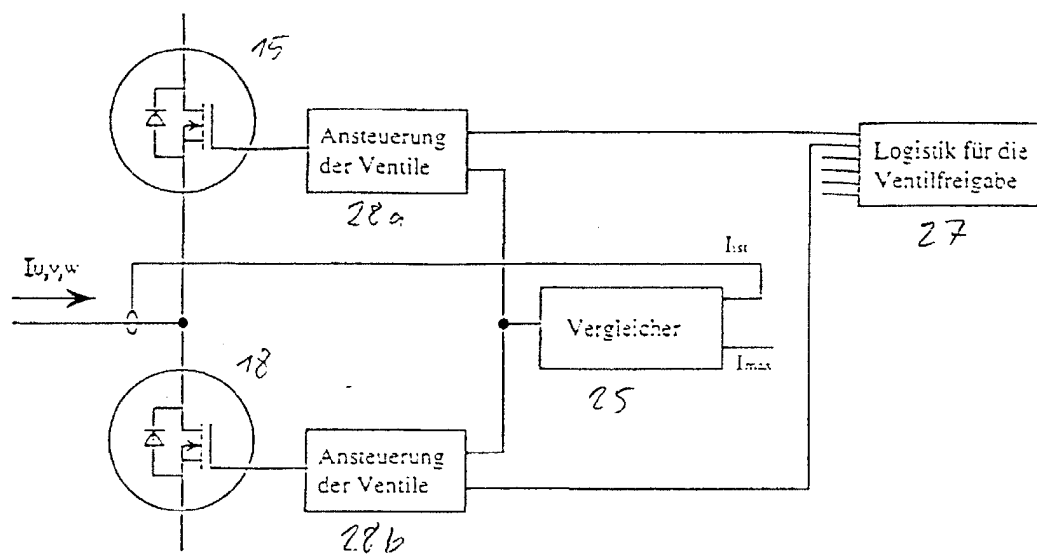


Fig 3

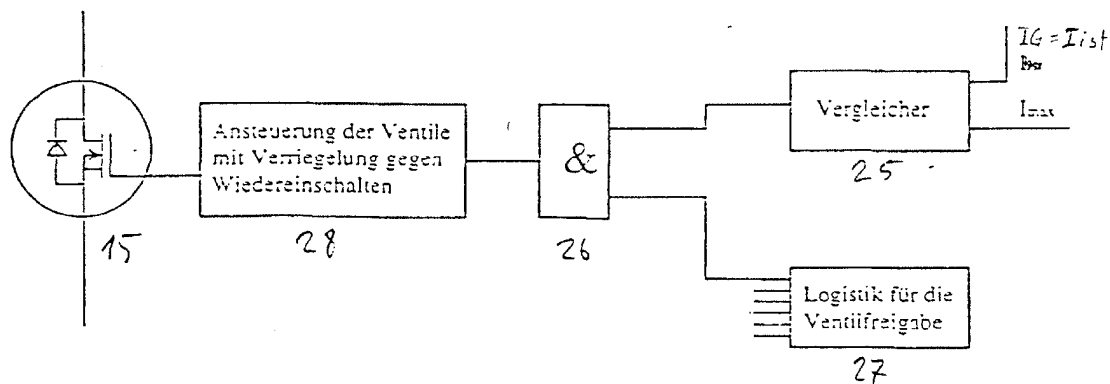


Fig 4